

# Activités agronomiques de l'I.R.C.T. dans le Nord-Ouest de Madagascar (1960-1976)

par M. BERGER \*

## 1. INTRODUCTION

La culture cotonnière du Nord-Ouest Malgache est une culture de décrue typique, implantée sur des alluvions récentes particulièrement fertiles, qui ont permis la mise au point d'une culture intensive mécanisée.

Elle se déroule en contre-saison et correspond donc à la saison sèche, froide et de moindre éclaircissement, contrairement à ce qui a lieu dans le Sud-Ouest.

En l'absence presque totale de pluies, après les semis, l'alimentation hydrique se fait uniquement par exploitation de l'eau stockée dans le profil et à

l'aide de la remontée capillaire qui s'établit à partir de la nappe phréatique au fur et à mesure de sa descente.

Les sols à dominante de limons sont caractérisés par deux qualités essentielles, à savoir leur très forte capacité de rétention en eau et leur facile exploitation en profondeur.

Les rendements y sont en grande partie conditionnés par l'utilisation rationnelle de techniques basées sur l'exploitation de ces deux qualités, essentielles ici.

## 2. LE DÉVELOPPEMENT DE LA CULTURE COTONNIÈRE ET DE L'ACTION DE L'I.R.C.T.

### Extension de la culture cotonnière

La culture cotonnière a été introduite dans le Nord-Ouest vers 1955 et, en 1958, elle ne couvrait encore que 27 hectares.

Son développement, relativement lent de 1960 à 1967, s'accroît brusquement entre 1968 et 1976, en particulier à la suite de l'effondrement des cours du tabac et de la stagnation de ceux de l'arachide.

Entre 1960 et 1976, on voit ainsi les surfaces progresser de 108 à 8 500 hectares, la production monter de 162 à 20 450 tonnes de coton-graine et les rendements passer de 1,5 à 2,4 t/ha de coton-graine.

Depuis 1975, la tendance est à une certaine stagnation de la culture intensive mécanisée au profit du développement de la culture paysannale semi-mécanisée.

### Evolution de la recherche cotonnière

De 1954 à 1960, à partir de missions temporaires

de chercheurs, l'I.R.C.T. définit les grandes lignes de ce que sera la culture cotonnière dans le Nord-Ouest : une culture de décrue typique basée sur la vulgarisation de *Gossypium hirsutum* et s'appuyant sur une protection phytosanitaire particulièrement poussée.

De 1960 à 1965, l'installation d'un Centre d'Expérimentation à Antanimandry, dans la vallée du Kamoro, se traduit par la mise au point des techniques de base de la culture cotonnière de décrue, tant sur les plans agronomique que génétique et entomologique.

A partir de 1966, la mise en place d'un réseau d'expérimentation régionale permet d'ajuster les résultats de la recherche obtenus sur station aux diverses conditions écologiques de la zone.

Depuis 1972, la tendance est à un certain clivage de ce réseau, afin de pouvoir à la fois maintenir les impératifs de hauts rendements impliqués par la culture intensive mécanisée et répondre aux problèmes posés par l'extension de la culture paysannale semi-intensive.

## 3. LE MILIEU

La région cotonnière du Nord-Ouest est située entre 13° et 16° de latitude sud, à environ 600 km

au Nord-Ouest de Tananarive et à 200 km au Sud-Est de Majunga.

\* Agronome, Station I.R.C.T. d'Anié-Mono, Togo.

La mise en valeur de cette zone, qui comprend un vaste ensemble de vallées dont les terrains sont recouverts chaque année par des crues, a nécessité la mise au point de techniques culturales propres à la culture de décrue.

### Caractéristiques climatiques

Deux saisons se distinguent nettement :

— Une courte saison des pluies sous la dépendance du régime de mousson d'origine nord-ouest, qui va de novembre à mars inclus et qui correspond à la saison chaude et humide située en inter-campagne.

La quantité de pluie qui tombe au cours de cette saison est de l'ordre de 1500 mm en 75 jours, représentant respectivement 90 % de la pluviométrie annuelle et 95 % du nombre de jours de pluie. Ces précipitations participent également à la saturation et à l'inondation des sols, lorsque l'effet seul des crues s'avère insuffisant pour assurer l'alimentation de la nappe phréatique dont le niveau conditionnera l'alimentation hydrique des cotonniers durant la saison sèche.

— Une longue saison sèche sous la dépendance des alizés du Nord-Est, qui va d'avril à octobre inclus et qui correspond à la saison fraîche et de moindre durée de jour. Cette saison, au cours de laquelle se déroule la campagne cotonnière, présente les caractéristiques suivantes :

Toutefois, cet aspect global demande à être nuancé du fait que de nombreuses zones présentent des minima très accentués dont l'incidence n'est pas négligeable, tant sur le comportement des cotonniers que sur le parasitisme et les qualités technologiques des fibres.

Néanmoins, ces basses températures qui peuvent durer jusqu'à 42 jours avec des minima inférieurs à 12°C, et qui se situent lors de la période de floraison, sont en général compensées, tout au moins au niveau de la production, par les fortes températures de fin de cycle.

### Caractéristiques pédologiques

On est en présence de sols alluvionnaires récents d'origine fluviale, appelés baïbos, provenant de l'érosion des hauts plateaux.

L'ensemble des bassins versants des fleuves parcourant les baïbos représente en gros le cinquième de la superficie de Madagascar: il s'ensuit une grande diversité d'origine dont le mélange a néanmoins donné des sols relativement homogènes.

La formation des baïbos est liée aux crues successives qui apportent, selon leur plus ou moins grande violence, et selon la pente, des dépôts de granulométrie variable.

On distingue trois types de baïbos, très différents :

— Les baïbos hauts, situés en bourrelets de berge, à dominante sableuse, rarement submergés et présentant des plans d'eau souvent très bas; ces terrains, qui doivent être semés très tôt, sont de moindre fertilité.

— Les baïbos bas, situés tout au contraire dans les bas fonds, qui ont pour origine des dépôts lents et prolongés dans le temps.

Soumis à une submersion annuelle prolongée, ces sols à dominante d'argile ont une mauvaise structure et une moindre capacité en eau; relativement médiocres, ils ne peuvent être semés que tardivement et avec difficultés.

— Les baïbos moyens, à dominante de limon, se situent topographiquement entre les deux types précédents. Caractérisés par une excellente rétention en eau, ils constituent les meilleurs sols et représentent près de 80 % des terrains mis en valeur.

Toutefois, la qualité de chacun de ces sols est liée à la présence ou à l'absence d'horizons de sable dont la profondeur, l'épaisseur et la granulométrie conditionneront les réserves hydriques et la remontée capillaire à partir de la nappe phréatique.

### Caractéristiques physico-chimiques

D'une façon générale ces sols, qui sont riches à très riches, présentent les caractéristiques moyennes suivantes :

#### Acidité

Les données de pH eau se situent entre 5,5 et 6,3, et font donc passer ces terrains pour relativement acides.

Tableau 1

Mois	Evaporation (Piche) mm/j.	Hygrométrie (%)	Insolation (heures/j.)	Pluviométrie		Températures		
				(mm)	Nb j.	max.	minim.	Moy.
Avril .....	4,42	70	9,04	56,4	4	33,5	21,8	27,7
Mai .....	6,48	72	9,87	6,9	1	32,9	20,7	26,5
Juin .....	6,96	60	10,03	3,9	1	32,1	18,4	25,3
Juillet .....	7,16	57	9,81	1,1	1	31,7	17,5	24,6
Août .....	7,96	53	9,91	2,3	1	32,4	17,7	25,1
Septembre .....	10,29	47	9,71	8,0	1	33,8	19,0	26,4
Octobre .....	9,63	53	8,07	48,8	3	35,2	20,3	27,8
	7,5	58,8	9,49	127,4	12	33,0	19,3	26,1

*Matière organique, carbone, azote*

Ces sols, qui restent souvent longtemps submergés, sont relativement pauvres en matière organique dont la teneur dépasse rarement 1 à 1,2 %. Les teneurs correspondantes en carbone et azote se situant au niveau 0,8 % et 0,8 pour mille, laissent prévoir des problèmes d'azote.

*Bases échangeables*

L'existence simultanée de fortes teneurs en calcium et surtout en magnésium (respectivement 8 à 10 mEq et 3 à 4 mEq) face à des teneurs en potassium relativement faibles (0,1 à 0,3 meq) peuvent être à la base de déséquilibres au niveau des absorptions préférentielles qui peuvent s'établir en présence de déficit hydrique.

*Capacité d'échange*

De l'ordre de 10 à 15 meq, elle est satisfaisante dans la plupart des cas.

*Saturation*

Au niveau 70 à 90 %, elle est bonne dans son ensemble.

*Potassium total*

Les réserves qui représentent environ 10 à 18 pour mille sont relativement élevées.

*Phosphore total et assimilable*

Les teneurs en phosphore total se situent au niveau de 500 à 600 ppm, et celles en phosphore Olsen sont de l'ordre de 40 à 60 ppm ; l'origine des alluvions explique ces valeurs élevées qui ne posent pas de problème particulier pour l'alimentation minérale du cotonnier.

*Soufre*

Le problème est très important dans certaines zones alluvionnaires, absent dans d'autres.

La destruction de la matière organique avant les labours a, dans certains cas, induit ou aggravé le problème.

*Bore*

Là également, une très grande variation existe selon les zones alluvionnaires mais, d'une façon générale, on trouve rarement plus de 0,15 ppm de bore soluble dans le sol pour l'ensemble de la région.

*Capacité de rétention en eau*

D'une façon générale, elle est particulièrement élevée, se situant entre 35 et 45 % (humidité pondérale en % de terre sèche). Cette valeur représente globalement une RFU (réserve facilement utilisable) de 4000 m<sup>3</sup>/ha par tranche de 1 m de sol, et celui-ci est couramment exploité jusqu'à 2 m de profondeur.

*Argiles*

Il existe une dominante de kaolinite, mais certaines zones se caractérisent par des teneurs en illites et en montmorillonites non négligeables.

**Caractéristiques particulières**

Les variétés cultivées depuis 10 ans appartiennent au groupe des Acala, donc des variétés exigeantes, ne pouvant exprimer leur potentiel qu'en milieu riche et particulièrement bien alimenté en eau.

Les semis s'échelonnent au fur et à mesure du retrait des eaux, c'est-à-dire entre mars et juin (95 % ayant lieu sur avril et mai).

Le cycle normal est de 150 jours et les récoltes s'échelonnent entre le 130<sup>e</sup> et le 180<sup>e</sup> jour, selon les plus ou moins bonnes conduites culturales.

Des traitements insecticides sont effectués systématiquement tous les 10 jours, du 25<sup>e</sup> au 130<sup>e</sup> jour ; à base de DDT et de monocrotophos, ils sont destinés à contrôler *Heliothis*, *Earias* et *Aphis gossypii*.

Ces traitements précoces et rapprochés ont pour but d'éliminer tout ce qui peut allonger le cycle car, étant donné le mode d'alimentation en eau, aucune compensation n'est à attendre à la fin de celui-ci.

L'une des caractéristiques particulières de cette culture est également l'absence presque totale d'assolement et de rotation : il s'agit pratiquement toujours d'une culture cotonnière continue, tant en culture intensive mécanisée qu'en culture paysannale, pour les deux raisons suivantes :

— En culture intensive mécanisée, la seule culture économiquement valable pouvant entrer en rotation avec le coton aurait pu être le tabac, mais des problèmes de résidus d'insecticides ont exclu cette solution.

— En culture paysannale, la culture vivrière de base consiste soit en riz irrigué de bas-fonds, soit en riz pluvial se situant sur des terrains différents, donc sans rotation possible avec le coton.

**Contexte socio-économique**

On trouve deux systèmes de production ayant chacun des caractéristiques bien distinctes :

- a) Un système de culture intensive mécanisée représenté par des plantations de 50 à 350 hectares, dont les rendements moyens se situent entre 2,5 et 3,5 t/ha de coton-graine.
- b) Un système de culture paysannal semi-mécanisé représenté par des plantations de 0,5 à 2 hectares, dont les rendements moyens se situent entre 1 t/ha et 1,5 t/ha de coton-graine.

Les proportions de ces deux types de culture varient fortement selon les zones : ainsi, sur Majunga, le paysannat ne représente que 6 % des surfaces dont le total est de 7 000 hectares, alors que sur Ambilobe le paysannat représente 86 % des 1 300 hectares cultivés.

Chacun de ces systèmes a exigé la mise au point de techniques culturales propres.

#### 4. ÉTUDE DES FACTEURS DE LA PRODUCTION

##### Les techniques culturales

Le choix des techniques culturales était soumis à divers impératifs impliqués par le milieu, et visait en particulier à :

- Favoriser les possibilités de stockage d'eau dans le profil.
- Limiter les pertes en eau et les consommations inutiles.
- Favoriser l'exploitation du sol par le système racinaire.
- Assurer le maximum de restitutions organo-minérales à partir de la culture.
- Éviter tout ce qui pouvait allonger inutilement le cycle du cotonnier.

##### La préparation des sols

Dans les conditions ci-dessus, la préparation des sols revêt une extrême importance, car la plante trouvera le sol tel que les labours l'auront laissé. En effet, étant donné l'absence de pluie après ceux-ci, les éléments du sol ne seront pas réassemblés par les pressions et filtrations qui ont lieu habituellement en culture pluviale.

Il importe donc qu'à l'issue de ces labours, la plante trouve un milieu parfaitement homogène et que rien ne s'oppose à l'implantation racinaire et à la diffusion capillaire.

Dans ce but, on est donc amené à procéder aux opérations successives suivantes :

— Labour puissant de fin de campagne destiné à disloquer le sol qui s'est repris en masse au cours de la campagne, ceci à la fois pour favoriser l'implantation racinaire ultérieure, accroître les stockages en eau et favoriser le ressuyage du sol après les crues.

— Coupe et brûlis en nappe de l'abondante végétation des le retrait des eaux, afin de ne pas enfouir cette masse de matière organique qui s'opposerait à une bonne diffusion capillaire et qui perturberait la nutrition azotée.

— Labour léger ou pseudo-labour dans les 5 jours suivant ces brûlis, dès que le ressuyage est estimé suffisant pour le passage des engins, afin d'aérer ce milieu resté plus ou moins longtemps submergé.

— Pulvérisage lourd, 24 heures après, destiné à reprendre entièrement ce labour léger, afin d'homogénéiser ce milieu et de détruire toute couche intermédiaire (bas de labour) qui nuirait à une rapide implantation racinaire et freinerait le rétablissement de la capillarité.

— Puis, dès le lendemain, pulvérisage léger, parfois suivi d'un passage de cross-kill selon l'état du terrain, pour créer un lit de semence, limiter l'évaporation et rétablir la capillarité.

Le terrain ainsi préparé peut attendre de 5 à 10 jours pour le semis, dans de bonnes conditions de température.

##### Semis - Démariage - Densité

Les semis réalisés le plus souvent mécaniquement ne posent pas de problèmes très particuliers, sauf qu'étant donnée l'absence de pluie, ils ne peuvent être refaits. Il est donc nécessaire que les semences soient mises directement dans une couche de sol humide, opération réalisée à l'aide d'une rasette dégageant la terre sèche devant le croc semoir, le tout étant suivi d'un plombage énergique. Ces semis en lignes écartées de 1 m sont réalisés en ligne continue, puis démarisés entre le 15<sup>e</sup> et le 20<sup>e</sup> jour, à raison de 1 pied tous les 15 cm, afin d'obtenir une densité réelle de l'ordre de 50 000 à 60 000 pieds/ha.

##### Localisation des fumures minérales

La fumure est apportée au sol mécaniquement en deux fois :

— Tout d'abord, un premier apport en même temps que le semis qui localise unilatéralement la fumure à 15 cm de la ligne et à 15 cm de profondeur : autrement dit, un premier apport dans une zone qui se desséchera assez rapidement et qui ne pourra couvrir certaines périodes critiques des cotonniers sur le plan alimentation minérale.

— Puis un second apport vers le 20-25<sup>e</sup> jour qui a lieu, par contre, au milieu de l'interligne, à 35 cm de profondeur, c'est-à-dire dans une zone ne se desséchant que très tardivement, donc où l'efficacité des engrais pourra se prolonger.

##### Applications foliaires

Cette technique est utilisée couramment pour palier les déficiences en bore, courantes dans la région. Les applications sont réalisées soit par avion, soit par appareils à dos, à l'occasion des traitements insecticides.

##### Entretien des cultures

Sarclages, binages et houages sont en général couplés et réalisés mécaniquement ; seul l'entretien sur la ligne est manuel.

Ces diverses opérations correspondent à des buts bien précis :

— Tout d'abord, au cours des 30 premiers jours de végétation, des houages-sarclages de l'interligne sont destinés à la fois à sarcler et à aérer le milieu, afin d'accélérer la reprise de l'activité microbologique de ces sols qui ont été le plus souvent submergés ou sursaturés durant plusieurs mois.

— Puis, au cours des 60 premiers jours de végétation, des sarclages manuels sont réalisés sur la ligne de semis, afin de limiter au maximum la concurrence hydrique.

— Enfin, entre le 30<sup>e</sup> et le 60<sup>e</sup> jour, sont effectués des binages-sarclages de l'interligne, destinés à briser la capillarité de surface et à achever le nettoyage des parcelles pour réduire les pertes en eau au minimum.



### Destruction et enfouissement des cotonniers.

Cette ultime opération, faite à l'aide de broyeurs mécaniques (type gyrobroyeurs ou type shredders) et suivie d'un labour profond par disques crantés, correspond à des impératifs précis, à la fois d'ordre agronomique et d'ordre phytosanitaire.

— Sur le plan agronomique, elle assure, d'une part, une restitution organo-minérale visant à rendre au sol les éléments minéraux immobilisés durant la campagne; d'autre part, elle permet d'améliorer l'efficacité de la matière organique, tant au point de vue physique (action sur la structure) qu'au point de vue chimique (augmentation des sites de fixation, en particulier vis-à-vis du potassium).

Son incidence sur le stockage de l'eau et le ressuage a, par ailleurs, été vue lors de l'étude des labours.

— Sur le plan phytosanitaire, cette destruction d'enfouissement, tout en empêchant la repousse des cotonniers, rompt le cycle parasitaire entre chaque campagne.

### La fertilisation minérale

#### Méthodologie expérimentale

La recherche des problèmes à traiter fut en général basée sur des observations et enquêtes réalisées à partir d'analyses de sol et de matériel foliaire.

L'expérimentation au champ a été réalisée sur station, sur les points d'appui du réseau extérieur, et dans les milieux de production.

Les dispositifs statistiques utilisés furent en général les blocs de Fisher dans lesquels les parcelles élémentaires comprenaient de 4 à 8 lignes de 20 à 30 m. Le nombre de répétitions était en général de 8.

La définition des programmes de recherches repose sur les observations faites en conditions réelles et les enquêtes réalisées à l'aide d'analyses de sols et de feuilles. Certains problèmes ont néanmoins dû être traités en laboratoire, comme dans le cas des vases de végétation.

#### Techniques d'apport de la fertilisation minérale

Les conditions de milieu induisant un rapide des-

dèchement de l'horizon superficiel 0-20, il convenait de trouver une technique permettant à la fois de satisfaire les besoins minéraux en début de végétation et lors des périodes critiques ultérieures.

A cet effet, les différentes possibilités d'apport, soit au sol, soit foliaire par voie aérienne, ont été étudiées.

#### a) Les apports au sol

La comparaison de la localisation classique en side-dressing à 15 cm de profondeur et 15 cm de la ligne (apport à  $15 \times 15$ ) et d'une localisation à 35 cm de profondeur et 50 cm des lignes (apport à  $35 \times 50$ ) montrait que l'efficacité de la fumure uniquement localisée en surface était rapidement limitée et qu'elle ne permettait pas au terrain d'exprimer son potentiel.

Par contre, la localisation profonde ( $35 \times 50$ ) se traduisait à la fois par une augmentation des rendements de l'ordre de 12% et par une nette amélioration de la production à l'unité d'azote, comme le montre le tableau 2.

Néanmoins, il y avait lieu sur certaines zones de satisfaire des besoins précoces, en particulier en soufre et en azote, et la seule localisation en profondeur ne pouvait convenir.

Par la suite, différents essais ont montré que l'association de ces deux techniques (localisation à  $15 \times 15$ , suivie d'une localisation à  $35 \times 50$ ) ne donnait jamais de résultats inférieurs à la seule localisation profonde.

Cette double localisation permettait, par ailleurs, de ne pas avoir à apporter en une seule fois une trop grande quantité d'engrais (problèmes de débits) et de diminuer le risque de manque d'engrais sur une fraction de ligne, ce qui se passait couramment avec un seul apport.

La double localisation d'engrais, parfois différents, permettait donc de satisfaire à la fois des besoins précoces (azote et soufre) et des besoins plus tardifs (potasse et bore).

#### b) Apports par voie foliaire

Afin de satisfaire des besoins très tardifs en bore,

Tableau 2

Doses d'azote	Récolte coton-graine (kg/ha)		Production en kg par unité de N		Variations
	15 × 15	35 × 50	15 × 15	35 × 50	
0 .....	2 026	2 026	—	—	Non sign. Sign. à 0,001 Sign. à 0,05 Sign. à 0,001
46 .....	2 945	2 851	19,9	17,9	
92 .....	3 107	3 616	11,7	17,3	
138 .....	3 496	3 851	10,6	13,2	
184 .....	3 578	4 182	8,4	11,7	

(Kamoro, 1970. CV : 9,5).

inattendus ou induits par un déficit hydrique inhabituel de la zone de localisation profonde, des applications foliaires de Solubor ont dû être effectuées à l'occasion des traitements insecticides, soit par avion, soit par appareils à dos, et ont toujours donné des résultats très positifs.

### La fertilisation azotée

La longue submersion des terrains durant la saison des pluies, jointe aux très faibles teneurs en matière organique (de l'ordre de 1 à 1,2 %) et en azote (0,8 %), suffisent à expliquer que la fumure azotée ait constitué dès le départ un problème primordial.

La méthodologie employée a reposé en particulier sur l'interprétation des teneurs en azote minéral du pétiole, selon la méthode de GARDNER-TUCKER (BRAUD, 1971), qui fixe à 12 000 ppm la teneur optimale au 60<sup>e</sup> jour, les teneurs antérieures devant être supérieures à cette valeur.

Les différentes études ont porté successivement sur les doses optimales, le fractionnement de ces doses à deux profondeurs, puis l'âge optimal des localisations.

Ces expérimentations, menées tant en culture intensive mécanisée qu'en culture paysannale, ont conduit aux conclusions suivantes :

#### a) En culture intensive mécanisée

La possibilité de recourir à une double localisation assure d'une façon générale des augmentations de rendement extrêmement fortes, de l'ordre de 1 à 1,5 tonne de coton-graine pour des rendements témoins sans azote de 1,3 à 2 tonnes à l'hectare.

Selon les zones alluvionnaires, la dose optimale d'azote oscille entre 115 et 184 unités par hectare.

Le meilleur fractionnement de ces doses est d'un tiers en localisation à 15 × 15 lors du semis, et de deux tiers en localisation à 35 × 50 avant le 25<sup>e</sup> jour.

#### b) En culture paysannale

L'impossibilité d'avoir recours à un apport en profondeur a bien sûr limité les réponses et les doses à employer.

Une étude menée en vases de végétation soumis à divers régimes hydriques a permis de mettre en évidence que la chute des exportations en azote était très liée aux déficits hydriques présents ; ainsi, au niveau du sol, on constate une corrélation positive entre l'humidité et les exportations en azote.

Cette situation représentant ce qui se passe dans la couche superficielle du sol où l'on est obligé de localiser la fumure en culture paysannale, nous n'avons donc pu que conseiller de faire les apports le plus tôt possible, c'est-à-dire dès la levée des cotonniers.

En milieu expérimental, sur un ensemble de 25 essais répartis au cours des années, une augmen-

tation de rendement de l'ordre de 166 % par rapport aux témoins sans azote, a été néanmoins obtenue.

En pré vulgarisation, sur 53 parcelles de démonstration, la réponse se traduisait par une augmentation des rendements de l'ordre de 136 % par rapport aux témoins sans azote.

D'une façon générale, il est apparu inutile et non économique de porter les doses au-delà de 90 unités d'azote par hectare en milieu paysannal.

### La fertilisation en soufre

Le problème du soufre, tout comme celui de l'azote, s'est posé très tôt pour diverses raisons.

Tout d'abord, on constatait par enquête que sur certaines zones alluvionnaires les cotonniers présentaient des symptômes de déficience en soufre, observations bientôt confirmées par le diagnostic foliaire qui montrait des teneurs fréquentes de l'ordre de 0,27 (Kimangoro), 0,11 (Mampikony), alors que le seuil admis est de 0,30 à 0,40 (en % de matière sèche).

Ensuite, le fait d'être contraint d'exporter la matière organique lors des labours accentuait également les pertes en soufre.

Enfin, l'utilisation de fortes doses d'azote induisait des carences en soufre là où il n'existait que de légères déficiences en cet élément.

Nous donnons, ci-dessous, un exemple des trois types d'essais réalisés pour régler les problèmes du soufre :

Tableau 3. — Mise en évidence de carence en soufre induite par différentes doses d'azote (Mahavary, 1969)

Doses d'azote kg/ha	Production coton-graine kg/ha		Rdt NS/N %
	N	NS	
90 .....	1 933	2 233	115,5
135 .....	1 400	2 400	171,4

Tableau 4. — Dose de correction en soufre devant une carence induite par 138 unités/ha d'azote

Apports de soufre, en kg/ha						Correction à partir de
0		23		46		
kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	
1 479	Base	2 235	151,1	2 211	149,4	Sulf. d'ammo- niaque
1 479	Base	1 576	106,5	2 188	147,9	Soufre en fleur

Tableau 5. — *Âges possibles de redressement de carences en soufre par apport de 23 unités de soufre sous forme de sulfate*

Essais	Âge de correction	kg/ha de coton-gr. sans soufre	kg/ha de coton-gr. avec soufre	Pourcentage de correction
N° 1 ...	16 jours	1 479	2 235	151,1
N° 2 ...	40 jours	1 585	2 869	181,0
N° 3 ...	60 jours	2 046	2 671	127,6

### La fertilisation phosphatée

Deux ensembles alluvionnaires ont dû être traités à part, en ce qui concerne la fertilisation phosphatée

a) Sur la zone de Majunga, aucune des études expérimentales annuelles sur les formes, les modalités et les doses d'apport de phosphate n'a donné de résultats permettant de conseiller une fumure phosphatée.

Néanmoins, la question a été suivie à partir d'une expérimentation pérenne sur la zone Kamoro qui, après 13 ans de culture intensive continue, donne encore régulièrement des rendements de l'ordre de 4 tonnes à l'hectare de coton-graine, avec ou sans adjonction de phosphore.

Parallèlement à cette expérimentation, une succession d'enquêtes régionales à partir d'analyses de sol et de prélèvements foliaires montrait que le problème n'évolue pas et que les importantes réserves jointes à un enfouissement systématique des cotonniers en fin de campagne assuraient une nutrition phosphatée correcte.

b) Sur la zone d'Ambilobe, par contre, les vallées alluviales ayant été formées par des fleuves dont les bassins versants sont plus restreints et beaucoup moins érodés que ceux de la région de Majunga, présentaient des réserves en phosphore total beaucoup plus faibles (300 à 400 ppm contre 500 à 600) et des teneurs en phosphore Olsen nettement inférieures au seuil de 50 ppm.

Ces faibles teneurs jointes à une absence totale d'enfouissement des cotonniers en fin de campagne (culture paysannale) et à des déficits hydriques très fréquents, ont amené à étudier la question à la fois à partir d'expérimentation au champ et en vases de végétation.

Les expérimentations mises en place ont donné des résultats souvent contradictoires d'une année sur l'autre, malgré des teneurs du sol particulièrement basses. Seuls les résultats obtenus dans la zone de l'Ifasy, nettement plus arrosée, permettaient de conseiller un apport systématique de 100 unités de  $P_2O_5$  par hectare, en side-dressing classique.

Poursuivant la question au moyen de vases de végétation soumis à divers régimes hydriques, dont les résultats sont donnés au tableau 6.

Tableau 6

Régime hydrique en % de la capacité de rétention (CR)	% de $P_2O_5$ exporté par rapport à 50 % de la CR
50 % de la CR	100
30 % de la CR	62,6
17 % de la CR	60,8

Il apparaissait que l'alimentation en eau pouvait fortement interférer avec les réponses aux fumures phosphatées et que de nouveaux problèmes de doses liés à des modalités d'apports particuliers devaient être posés.

### La fertilisation potassique

Le problème de la potasse est apparu dans le Nord-Ouest, au fur et à mesure d'une intensification de la culture, liée en particulier à l'ajustement des fumures NSB et à l'amélioration générale des techniques.

Malgré des réserves en potassium total relativement élevées (de l'ordre de 10 à 18 %), le niveau du potassium assimilable était le plus souvent bas à très bas (de l'ordre de 0,2 à 0,1 meq).

L'expérimentation classique mise en place dès le départ se heurtait d'une façon systématique à une absence de réponse aux apports ou ne se traduisait, malgré les faibles teneurs en potasse assimilable mentionnées, que par des résultats négligeables.

Devant ces faits et face à l'apparition de déficiences nettes au niveau régional, il fallait à la fois conseiller la vulgarisation d'une fumure potassique de sécurité et rechercher les raisons de ces difficultés à obtenir des réponses.

À cet effet, les études ont été poursuivies à partir d'essais pérennes, et des études particulières en vase de végétation, susceptibles d'éclairer le problème, ont été également menées.

Parallèlement, il a été recouru à certains laboratoires (ORSTOM, SCPA Mulhouse), pour obtenir des données précises concernant les argiles en présence, les rétrogradations possibles, la vitesse de libération et la mobilité de la potasse dans ces sols.

Nous donnons, ci-dessous, les principales hypothèses avancées pour expliquer les difficultés à obtenir des réponses et les expérimentations réalisées pour les étayer :

#### 1) Influence des types d'argile en présence

Les données concernant les argiles montrent que si, d'une façon générale, nous sommes en présence d'une dominante de kaolinite, il n'en apparaît pas moins que la plupart des zones alluvionnaires ont des teneurs en illites et en montmorillonites non négligeables.

La seule zone où il a été obtenu des réponses annuelles (Ifasy) est celle qui se caractérise par une absence totale de montmorillonite et par une teneur extrêmement faible en illite.

Tout au contraire, les zones à teneurs en illites ou en montmorillonites les plus élevées correspondent à celles où les réponses aux apports de potasse sont les plus lentes (Kamoro-Mahavavy).

Par ailleurs, les zones à réponses relativement lentes (Mampikony-Bemarivo) présentent des teneurs moyennes en illites et en montmorillonites.

Les types d'argiles en présence pouvaient donc avoir une influence importante sur les délais de réponse aux apports de potasse.

## 2) Influences des données relatives au potentiel de libération, à la mobilité et aux risques de rétrogradation de la potasse

Les alluvions de la Betsiboka et du Kamoro, sur lesquelles les déficiences comme les redressements ne se manifestent que très lentement, présentent à la fois des réserves très importantes, un très bon potentiel de libération, une très bonne mobilité de la potasse mais, par contre, un pourcentage de rétrogradation relativement élevé.

Tout au contraire, les zones alluvionnaires de la Mampikony et de la Bemarivo, sur lesquelles les déficiences comme les réponses aux fumures se manifestent relativement vite, bien que correspondant à des réserves assez fortes, se caractérisent par un potentiel de libération moyen à faible, par une faible mobilité de la potasse; par contre, elles présentent un faible potentiel de rétrogradation.

Face à des réserves relativement élevées et assez identiques, ces diverses caractéristiques concouraient donc également à expliquer la diversité des délais d'évolution et de réponses.

## 3) Influence des conditions d'alimentation hydrique sur la nutrition potassique

Tableau 7. — Evolution des teneurs en potassium à différents âges, en présence et en l'absence d'irrigation

(résultats obtenus par diagnostic foliaire, méthode US, et exprimés en % de matière sèche)

Âges	Non irrigué		Irrigué à 85 j.		Irrigué à 105 j.	
	% MS	%/70 j.	% MS	%/70 j.	% MS	%/70 j.
70 jours .....	3,36	100	3,40	100	3,32	100
90 jours .....	1,83	55,9	2,72	80,0	1,92	57,8
110 jours ....	0,92	27,4	2,60	76,5	1,16	34,9

Tableau 8. — Rendements correspondants obtenus en kg/ha de coton-graine

Récolte	Non irrigué		Irrigué à 85 j.		Irrigué à 105 j.	
	Rdt	%	Rdt	%	Rdt	%
A 175 jours ..	3 889	100	4 511	116	4 083	105
A 219 jours ..	4 013	100	4 735	118	4 494	112

Ces deux séries de résultats obtenus avec une seule irrigation de 800 m<sup>3</sup>/ha, montrent toute l'influence que peut avoir l'alimentation hydrique et qu'elle peut facilement masquer ou mettre en évidence un problème de potasse.

## 4) Incidence des fortes teneurs en magnésium échangeable, en particulier en conditions d'alimentation hydrique défavorables

L'expérimentation est réalisée à partir d'un ensemble de vases de végétation soumis à divers régimes hydriques.

Tableau 9

Régimes hydriques	Potassium		Magnésium	
	% exporté	chute d'export.	% exporté	chute d'export.
CRM (1) .....	78,2	21,8	91,9	8,1
50 % CRM ....	100	Base	100	Base
30 % CRM ....	79,2	20,8	75,7	24,3
17 % CRM ....	62,6	34,4	81,4	18,6

(1) Capacité de rétention maximale en eau.

Il apparaissait donc qu'en présence de sols particulièrement riches en magnésium échangeable (teneurs de l'ordre de 3 à 4 meq) et relativement pauvres en potassium échangeable (teneurs de l'ordre de 0,2 à 0,1 mEq), on pouvait s'attendre à des absorptions préférentielles de magnésium, au détriment du potassium, et ceci tout particulièrement en présence de déficit hydrique.

## 5) Incidence de la matière organique en tant que support du potassium échangeable

Une expérimentation pérenne implantée sur la zone alluvionnaire de la Mahavavy Nord montre que l'effet global d'un apport de pulpe de café (caractérisée par une forte teneur en potassium liée à la matière organique) fait passer l'indice de nutrition potassique de 112,6 à 145,5 en deux ans, dans une zone où il avait fallu quatre ans pour percevoir un début de réponse aux apports de potassium sous forme d'engrais minéraux.

La très faible teneur de l'ensemble des sols en matière organique ne favorise guère la fixation de



la potasse, libérée ou apportée, sur des sites facilement exploitables, et ne peut donc que difficilement freiner les rétrogradations.

En conclusion, il apparaît, d'une façon générale, que :

— Les conditions hydriques de la majorité des sols alluvionnaires de la région ne permettent que très rarement aux cotonniers d'exploiter les réserves en potassium pourtant abondantes dans le milieu.

— Malgré un potentiel de libération apparemment acceptable, des symptômes de déficiences potassiques sont apparus et se sont développés plus ou moins rapidement, selon les types d'argiles en présence.

— L'absorption de la potasse apportée par les fumures est réelle, mais elle semble limitée en quantité et dans le temps, à la suite de l'existence de fortes teneurs en magnésium et de déficits hydriques courants, lors des périodes critiques.

Cette absorption semble, de plus, entravée par la faible mobilité relative de la potasse dans les sols et par des phénomènes de rétrogradation liés à la présence parfois simultanée d'illites et de montmorillonites, et accentués par de faibles teneurs en matières organiques.

Sur le plan pratique, il était nécessaire de conseiller, pour contenir et régler le problème de la potasse :

1° Un enfouissement systématique des cotonniers en fin de campagne, par labour après broyage très fin par shredder.

2° Une restitution systématique de 100 unités de potassium par hectare, réparties de la façon suivante :

- un tiers de la dose localisé à  $15 \times 15$  cm dans la zone la plus riche en matière organique qui fournira le plus de sites favorables ;
- deux tiers de la dose localisés à  $35 \times 50$  cm dans la zone à très faible teneur en potassium disponible, mais restant suffisamment humide pour permettre des échanges et couvrir les périodes critiques.

3° Un ajustement de cette dose, au cours des années suivantes, de l'ordre de 50 unités de potassium en plus ou en moins, au vu de l'évolution des

réponses constatées sur des cotonniers ayant entre 100 et 140 jours.

La solution du problème du potassium sera à la base du maintien de la production cotonnière à son niveau actuel dans le Nord-Ouest, et il sera difficile de maintenir cette production en milieu paysan tant que des structures de production ne pourront pas assurer un matériel apte à réaliser les restitutions organo-minérales de fin de campagne.

### La fertilisation boratée

La longue submersion de la plupart des sols, jointe aux fortes fumures azotées employées et à l'intensification de la culture ont très vite fait apparaître des problèmes de bore.

#### a) Situation du problème

Un ensemble d'enquêtes basées à la fois sur la visualisation des symptômes de déficience et sur les données analytiques du sol et de la plante, amenait à avoir une vision globale de la situation par zones alluvionnaires dont le tableau suivant, réalisé à partir des teneurs foliaires, donne une image fidèle.

Le niveau minimal étant de 15 ppm de bore, il apparaissait donc que le problème intéressait l'ensemble de la région.

#### b) Incidence de la déficience en bore sur la morphologie et la production des plants

Les quelques données du tableau 11, jointes à diverses études ayant porté successivement sur des profils culturaux et des toposéquences, sur des modalités de redressement à partir de fumure foliaire et d'apports au sol, sur l'étude d'effets cumulés d'apports de bore, amenaient à conclure que, dans les conditions du milieu :

— Les déficiences apparaissent le plus souvent par taches disséminées, allant de quelques dizaines de mètres carrés à quelques dizaines d'hectares, et qu'elles entraînaient le plus souvent une suppression presque totale de la production.

De plus, la présence très généralisée de pieds ayant de nombreuses capsules à poids moyen abaissé, à la suite de l'absence de fécondation d'une ou plusieurs loges (incidence typique du manque de bore), se tra-

Tableau 10

Zones alluvionnaires	Teneurs moyennes (ppm)	Teneurs minimales (ppm)	Zones alluvionnaires	Teneurs moyennes (ppm)	Teneurs minimales (ppm)
Kamoro .....	23,3	14,5	Mahavavy I .....	21,5	15,0
Bemarivo .....	16,7	9,5	Ifasy .....	19,0	16,0
Mampikony .....	15,9	9,5	Mahavavy II .....	14,0	10,0
Betsiboka .....	14,5	8,0	Mahavavy III .....	12,2	8,5

duisait par une chute des rendements sur l'ensemble de la région.

— Les déficiences étaient tout particulièrement accentuées dans trois conditions bien distinctes :

- En présence de déficit hydrique, donc en particulier en fin de campagne, provoquant la chute de la production de tête.
- Sur les terrains situés en bas des plaines les plus fréquemment et longtemps submergées.
- En présence de techniques particulièrement intensives (fortes fumures accompagnées d'irrigations) dont l'effet cumulé provoquant une importante floraison induisait une demande particulièrement forte en bore.

Devant cet ensemble de données et d'observations, il a été alors conseillé de réaliser :

1) Sur l'ensemble des zones alluvionnaires un apport systématique de 300 g de Solubor C, tous les 10 jours, par voie foliaire, à l'occasion de chacun des traitements insecticides.

2) Sur certaines zones particulièrement déficientes, de faire une application supplémentaire au sol de 6 à 12 kg de Boracine par hectare, répartis à raison d'un tiers de la dose à 15 × 15 lors du semis et des deux tiers à 35 × 50 vers le 25<sup>e</sup> jour.

De plus, il était également conseillé de suivre en cours de campagne l'évolution du problème, afin de

pouvoir intervenir : soit en ajustant les doses des apports foliaires, soit en ajustant l'année suivante les doses à apporter au sol.

### L'alimentation hydrique

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'alimentation hydrique des cotonniers en culture de décrue se fait en dehors de toute intervention directe des pluies durant la campagne.

Il y avait donc lieu de connaître la dynamique de l'eau dans le sol et les besoins en eau, afin de savoir si des appoints devaient être envisagés pour améliorer la production.

### Dynamique de l'eau dans les baïbos

L'étude de l'évolution de la nappe phréatique montre qu'elle descend d'une façon générale d'environ 1,5 cm par jour, durant les 150 jours de la campagne, puis que cette descente continue, en dehors de toute demande de la part des cotonniers, à raison de 0,8 mm par jour.

Cette descente s'accompagne d'une frange capillaire nette allant de 20 à 60 cm, selon les terrains et probablement selon la demande.

L'évolution des profils hydriques suit d'une façon assez rigoureuse le profil type mentionné ci-dessous (% de terre sèche) (Kamoro, 1970).

Tableau 11

Observations réalisées	Pieds normaux	Pieds carencés
Nombre de branches fructifères .....	15	22
% de chute d'organes fructifères .....	48,1	83,2
% de chute par position pour les nœuds suivants :		
N° 1 .....	24,9	75,5
N° 2 .....	76,9	86,3
N° 3 .....	88,3	92,9
Nombre réel de capsules récoltées par pied de cotonnier.	11,4	6,8
Chute de production en % due en particulier à la réduction des poids moyens capsulaires :		
— Avec PMC de 5 g .....	—	40,36
— Avec PMC de 4 g .....	—	52,29
— Avec PMC de 3 g .....	—	64,22

Tableau 12

Horizons	Dates et âges de réalisation des profils					
	11/5 (30 jours)		17/8 (108 jours)		28/9 (150 jours)	
0- 20 .....	29		17		14	
20- 40 .....	25		15		14	
40- 60 .....	27		15		14	
60- 80 .....	000	44 000	23		22	
80-100 .....	000	44 000	13		8	
100-120 .....	000	30 000	21		20	
120-140 .....	000	46 000	22		13	
140-160 .....	000	34 000	38		28	
160-180 .....	000	45 000	000	43 000	28	
180-200 .....	000	48 000	000	44 000	29	
200-220 .....	xxx	46 xxx	000	46 000	27	
220-240 .....	xxx	48 xxx	000	47 000	32	
240-260 .....	xxx	51 xxx	xxx	50 xxx	000	45 000
260-280 .....	xxx	50 xxx	xxx	50 xxx	000	48 000
280-300 .....	xxx	51 xxx	xxx	50 xxx	xxx	50 xxx

NB : Humidité pondérale en % de terre sèche.

000 ——— 000 : Frange capillaire.

xxx ——— xxx : Zone considérée dans la nappe phréatique.

Les profils apparaissaient donc exploités systématiquement jusqu'à 2 mètres de profondeur.

La contribution apparente des divers horizons, exprimée en % du « départ total d'eau » noté à partir de l'évolution des profils hydriques, se situe d'une façon générale autour des valeurs suivantes :

Tableau 13

Horizons	1969	1970	1971	Moyenne
0- 50 .....	22,6	39,6	36,6	32,9
50-100 .....	30,0	25,0	36,5	30,5
100-150 .....	24,1	26,2	18,0	22,7
150-200 .....	23,0	9,0	7,0	13,0

Par ailleurs, l'étude de la participation des divers horizons, en fonction de leurs propres capacités de rétention, faisait ressortir une exploitation particulièrement basse de certains d'entre eux, ainsi que le montre le tableau 14 qui porte sur 150 jours de consommation (Kamoro, 1970).

Tableau 14

Horizons	m <sup>3</sup> « disparus »/ha	% de capacité de rétention
0- 50 .....	1 466	56,4
50-100 .....	927	35,6
100-150 .....	969	37,3
150-200 .....	336	12,9
0-200 .....	3 698	29,9

L'exploitation des horizons n'atteignait donc que très rarement les deux tiers de leur capacité de rétention et se situait en général au premier tiers, ce qui semblait particulièrement bas.

Parallèlement, l'étude comparée de la demande climatique, calculée par la formule de Turc, faisait apparaître une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 5 mm par jour durant la campagne, valeur très éloignée des 3 mm relevés en général à partir de l'évolution des profils hydriques.

Dans les conditions du milieu, étant donné le comportement des cotonniers et leur niveau de production, il était difficile d'admettre qu'une différence de plus d'un millimètre par jour puisse exister entre l'ETP et l'ETR.

Par suite, on a été amené à estimer que le débit *per-ascensum*, qui ne pouvait être mesuré directement et qui s'établissait à partir de la nappe phréatique, devait apporter le complément hydrique nécessaire en fonction de la demande et qu'il devait correspondre à un minimum de l'ordre de 1 mm par jour.

#### Intérêt des irrigations d'appoint

D'une façon générale, ainsi que le montre le tableau 15, l'influence des appoints d'eau par aspersion se montrait, même aux plus hauts niveaux de production, particulièrement positive :

Tableau 15

Zones alluvionnaires	kg/ha de coton-gr.		% d'augmentation
	non irrigué	irrigué	
Kimangoro 1969 .....	3 049	3 723	22,1
Kimangoro 1970 .....	2 818	3 997	41,8
Kamoro 1973 .....	4 371	4 691	7,3
Kamoro 1974 .....	3 869	4 284	10,7
Kamoro 1974 .....	4 021	4 867	21,0

Par ailleurs, ils permettaient de mieux rentabiliser les fumures minérales apportées et une meilleure mise en valeur du milieu, comme le font ressortir les résultats exposés dans le tableau 16 (Kamoro, 1973).

A la suite des diverses observations et d'une expérimentation ayant porté tout particulièrement sur les types d'irrigation envisageables, sur les doses à apporter, sur le nombre d'apports à réaliser, sur les âges de départ et d'arrêt des irrigations, il a été défini deux types d'irrigation et leurs conduites respectives sous la forme d'irrigation par aspersion.

1° Les irrigations de germination utilisables sur certains sols dont la structure grumeleuse de surface se traduisait par une très mauvaise diffusion capillaire et qui ne pouvaient être mis en valeur sans cette aide au départ.

Dans cette situation, un apport par aspersion de l'ordre de 100 à 200 m<sup>3</sup>/ha dès les semis réalisés en sec, était alors préconisé, avec un second apport du même ordre de grandeur, envisageable vers le 40<sup>e</sup> jour.

2° Les irrigations d'appoint à faire entre le 70<sup>e</sup> et le 90<sup>e</sup> jour sur les zones à fort potentiel de production et n'ayant pas tendance à l'exubérance.

Ce type d'irrigation pouvait se faire selon les milieux et selon le matériel disponible : soit à raison de deux apports de 600 m<sup>3</sup>/ha, à situer l'un vers le 70<sup>e</sup> jour, l'autre vers le 90<sup>e</sup> jour ; soit à raison d'un seul apport de l'ordre de 800 m<sup>3</sup>/ha, à situer vers le 80<sup>e</sup> jour.

Le dispositif et la pluviométrie conseillés pour ces deux types d'irrigation étaient un carroyage en 18 m x 18 m et une pluviométrie de 8 mm/h, compatible avec les vents et la perméabilité du milieu.

Tableau 16

Doses d'azote en kg/ha	Non irrigué		Irrigué		% d'augmentation
	Rdt	%	Rdt	%	
90 .....	3 902	100	3 930	100	0,7
135 (1) .....	4 447	113,8	4 831	128,9	8,6
187 .....	4 562	116,8	4 933	125,5	8,1
180 .....	4 573	117,1	5 072	129,0	10,9

(1) Dose vulgarisée.

## 5. LIAISON RECHERCHE-VULGARISATION

Une certaine image de cette liaison peut être donnée en considérant l'évolution des rendements au cours des années et la proportion des thèmes réellement vulgarisés.

### a) Evolution des rendements

Tableau 17

Périodes concernées	Zone de Majunga (1)		Zone d'Ambilobe (2)	
	Rdt kg/ha	%	Rdt kg/ha	%
1961-1965 .....	1 422	100	1 261	100
1966-1970 .....	2 171	152,6	1 781	141,2
1971-1975 .....	2 462	173,1	1 453	115,6
1976 .....	2 611		1 415	

(1) Zone à dominante de culture intensive (93,5 % des 6 700 ha en 1976).

(2) Zone à dominante de culture paysannale (86,6 % des 1 321 ha en 1976).



b) Evolution des rendements par classes  
(% de planteurs impliqués)

Tableau 18

Classes de rendements (kg/ha)	Zone de Majunga		Zone d'Ambilobe	
	1971	1976	1971	1976
% > 1 000 .....	76,8	83,3	62,6	51,7
% > 1 500 .....	57,9	65,6	36,4	31,6
% > 2 000 .....	37,6	49,7	18,4	17,3
% > 2 500 .....	20,3	33,6	9,6	9,0
% > 3 000 .....	10,0	10,7	4,5	5,0

c) Proportion des principaux thèmes  
vulgarisés

En culture intensive mécanisée :

— L'application de la fumure conseillée au sol (à savoir : 138 N, 36 S, 100 K<sub>2</sub>O, 2,7 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) est réalisée sur 100 % des surfaces.

— La localisation de cette fumure à deux niveaux est également généralisée sur l'ensemble des surfaces.

— L'appoint en bore par voie foliaire est lui aussi devenu systématique.

— Les irrigations d'appoint, là où du matériel existe déjà pour le tabac, sont faites à environ 25 % de leur potentiel de généralisation.

— Les irrigations de germination, qui n'intéressent toutefois que certains types de sols, peuvent être estimées à 50 % de leur potentiel de généralisation.

— La destruction et l'enfouissement des cotonniers en fin de campagne sont réalisés sur au moins 90 % des surfaces.

En culture paysannale :

— Alors que, sur la zone de Majunga, la fumure conseillée en application au sol (à savoir : 115 N, 36 S, 100 K<sub>2</sub>O, 2,7 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) est réalisée sur 100 % des surfaces sur la zone d'Ambilobe, elle ne l'était plus qu'à 39 % en 1975 contre 62 % en 1972.

— Les applications de bore complémentaire par voie foliaire, quant à elles, ne touchaient guère plus de 50 % des surfaces.

— La destruction des cotonniers en fin de campagne intéressait environ 95 % des surfaces, en précisant toutefois que 15 % seulement de cette proportion étaient enfouis par labour direct et qu'environ 10 % l'étaient par labour précédé de gyrobroyage.

Ces diverses valeurs montrent assez bien la nécessité de faire de telles évaluations, afin de situer les problèmes et d'orienter certains aspects de la recherche.